心理科学进展　2021, Vol. 29, No. 5, 806–814
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2021.00806

手机分心对行人过街中信息加工及行为的影响*

汪钰涵　马国杰　庄想灵
(陕西省行为与认知心理学重点实验室暨陕西师范大学心理学院, 西安　710062)

摘　要　行人过街时, 因使用手机而造成的伤亡事故持续增长。过街时使用手机对行人信息加工、行为及安全均会产生影响。结果表明：使用手机的行人, 在场景知觉阶段注意范围更狭窄, 在外周视野的注意力明显下降；过街决策阶段, 更容易错过过街机会或做出更有风险的决策；运动控制阶段, 使用手机会改变行人步态, 降低其动作稳定性。以上效应还受到行人使用手机方式的调节, 但综合看来, 手机分心提升了行人过街风险, 更容易造成过街事故。最后, 通过建立手机分心对行人过街中信息加工及行为影响的概念模型, 指出未来研究应评估手机分心如何影响行人听觉信息的获取, 以及间隔接受决策的子过程, 从而为后期有针对性地干预提供理论基础。

关键词　信息加工, 分心, 智能手机, 行人, 交通安全
分类号　B849; B842

1　引言

随着通讯技术发展和智能手机普及, 人们可以随时随地用手机联络、学习、办公、娱乐等, 手机已成为现代人生活中不可或缺的一部分。大量的观察研究都发现行人在过街时使用手机极为普遍。例如, Thompson 等人(2013)观察了西雅图 20 个高危路口的 1102 名行人, 发现有 29.8%的行人在过街时曾使用手机。与此类似, Basch 等人(2015)在曼哈顿地区选择了 5 个路口进行摄像观察, 记录了 21760 名行人的行为, 其中 27.8%的行人在过街时使用手机。除了直接观察, 对行人的问卷调查也揭示了类似的结论。Lennon 等人(2017)调查了年龄在 17~65 岁之间的行人, 其中有 20%的行人在交通环境中经常使用手机, 且 18~30 岁之间的行人在交通环境中使用手机的比例更大。与此一致, Jiang 等人(2017)针对中国大学生的调查发现有 40%的大学生在过去一周内过街时有过手机分心行为。由此可以发现, 在过街时使用手机的行人基本占到了全部行人的 1/5, 同时 30 岁以下的青年人过街时使用手机的比例更大。以发展的视角看, 由于智能手机的普及性还在持续增加, 可以预见, 未来交通环境中使用手机的行人会更多。由此导致行人在过街时使用手机而导致的分心行为正逐步成为全球范围内交通安全新隐患。Nasar 和 Troyer (2013)分析了 2004~2010 年美国国家电子设备伤害监控系统(NEISS)数据后指出, 美国行人使用手机造成的伤害在交通事故中占比从 2004 年的 0.58%增加到 2010 年的 3.67%, 增长了近 10 倍。Saltos 等人(2015)分析了 2000~2012 年同一系统的数据, 发现自 2006 年起行人因手机分心而发生事故的数量有爆发式增加。

理解行人过街时使用手机为什么会导致更高的风险, 是改善手机分心行人过街安全的重要前提。以往关于使用手机对行人的分心干扰的交通心理研究, 主要回答了两个问题：一是行人过街时为什么使用手机, 二是使用手机会对行人的过街行为造成什么样的直接后果(朱鹏, 常若松, 2018)。但是, 从前文的叙述中可知, 手机已经成为了人们日常生活的一部分, 即使理解了行人使用手机的动机, 也很难使用非强制手段让行人在过街时完全不使用手机。另外, 依据人类信息加工过程模型(Wickens et al., 2004), 人类的信息加工过程分为知觉编码、中央加工和反应三个过程。

收稿日期：2020-06-01
* 国家自然科学基金项目(31970998)。
通信作者：庄想灵, E-mail: zhuangxl@snnu.edu.cn

应用到行人过街的任务中, 则其信息加工主要包含对交通场景的编码、过街决策及执行过街相关动作(吴昌旭 等, 2013)。行人安全过街需要提前观察以获取交通场景信息, 之后做出正确的决策并顺利做出过街行为。因此, 手机对行人造成的直接后果可能仅仅是早期信息加工错误的体现。本文关注手机分心对从交通场景知觉, 判断与决策到最终行为的影响, 以期系统评估手机分心对行人安全的影响及其机制。其发现一方面可以启发有关部门有针对性地制定改善交通安全现状的措施, 另一方面也会对未来立法和交通安全教育提供理论基础。

2　手机分心对行人信息加工和行为的影响

为了梳理有关手机分心对行人步行时信息加工和行为影响的研究, 我们在“Web of Science”、“知网”等平台, 使用“pedestrian”、“cell/mobile phone”、“distract*”、“cross* road”、“行人”、“手机分心”、“过马路/街”等关键词组合查阅相关文献, 经过详细阅读, 筛选出核心文献 34 篇。之后, 提取出这些文章关注的因变量并依据其所属信息加工和行为的阶段进行整理归纳(见网络版附录表 1), 最后得出手机分心对行人过街干扰的文献可视化归纳图(见图 1)。

从网络版附录表 1 和图 1 中可以发现, 当前有关行人过街时使用手机的影响这一方向的研究内容, 主要集中在场景知觉、过街决策、运动控制、直接后果这 4 个方面。其中, 直接后果特指行人使用手机过街或行走时表现出的外在行为及结果, 如闯红灯、过街前瞭望、过街启动时间。在信息加工方面, 场景知觉作为信息加工的第一步, 对其评估的指标包含视觉场景知觉和听觉场景知觉两部分; 过街决策指行人使用手机过街时的间隔接受行为; 运动控制指行人使用手机过街时的姿势控制表现, 如步态、动作稳定性等。我

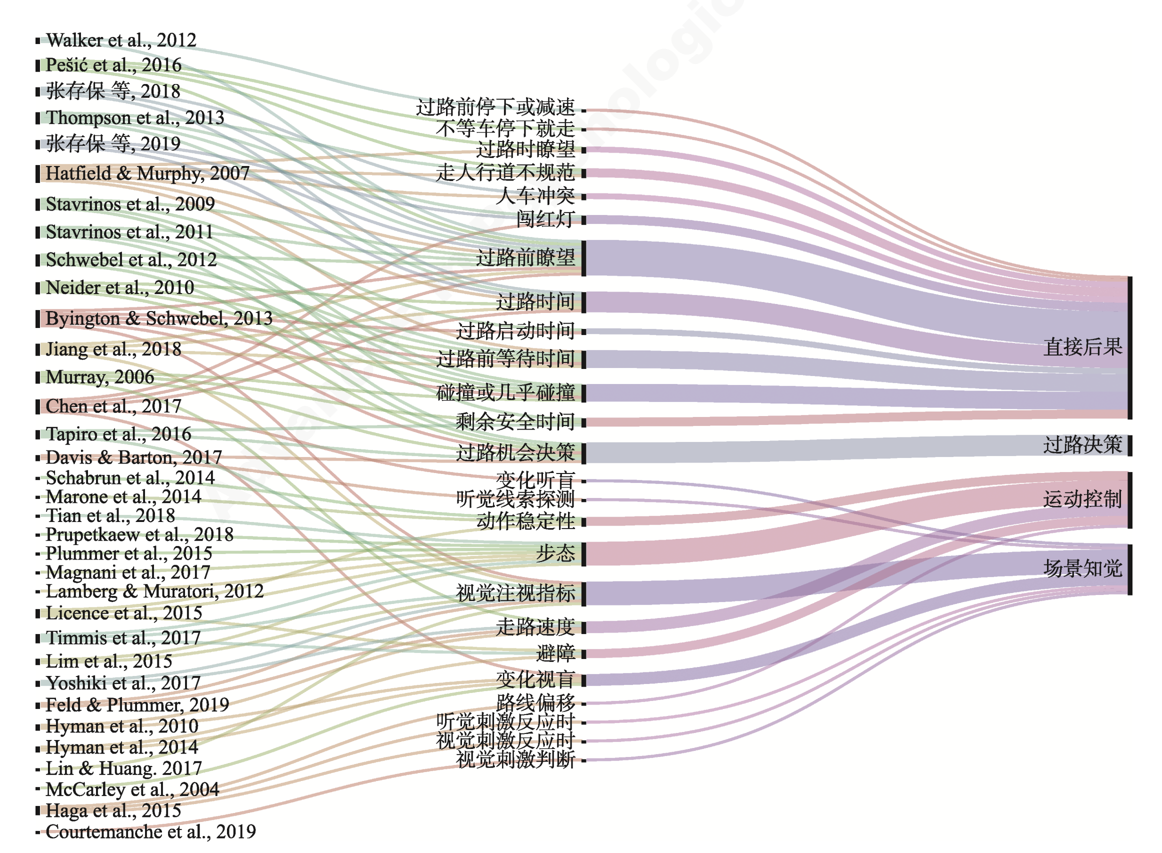


图 1　手机分心对行人过街干扰相关文献的归纳图

们大致可以将这 4 个方面分为：较为表层的手机分心对行人过街产生的直接后果，以及较为深层的手机分心对行人过街时信息加工的影响两部分。下文第 3 节将从行人在过街时使用手机产生的直接后果开始，由表及里，在第 4 节关注手机分心对信息加工过程的影响，继而在第 5 节以模型的形式总结这种影响，并在第 6 节基于模型中已有研究的分布展望未来研究。

3 手机分心对行人过街产生的直接后果

手机分心对行人过街产生的直接后果是可观察的外在行为结果，而非内部心理状态的变化。我们发现，使用手机不仅会增加行人过街风险，而且会影响行人的过街效率。

3.1 手机分心增加行人过街风险

相对于普通行人，在道路上使用手机的行人会有更多的过街不安全行为，其安全风险倍增。张存保等的观察中，使用手机的行人会与机动车产生更多的冲突，且在看手机屏幕这一分心方式下冲突最多(张存保 等, 2018; 张存保 等, 2019)。Thompson 等人(2013)观察到过街过程中发送信息的行人产生闯红灯、不从人行横道过街等总体不安全行为的比例是普通行人的 3.9 倍。这一比例与 Pešić 等人(2016)的观察相同。除此之外，Pešić 等人还发现使用手机通话的行人相对其他不安全行为更常见，是普通行人的 8.5 倍，且过街时超出人行横道范围，结束点不在人行横道内的行人是普通行人的 2.8 倍。不管具体的比率如何，以上研究说明行人使用手机通话和发送消息都会大幅度增加不安全行为。在实验室虚拟的过街环境中，研究者也发现行人在使用手机时，不论是 10~11 岁的儿童(Stavrinos et al., 2009)，大学生(Byington & Schwebel, 2013; Stavrinos et al., 2011)还是老年人(Murray, 2006)都更有可能与交叉方向到来的车辆发生碰撞。Schwebel 等人(2012)关于使用手机方式对行人过街影响的研究表明，使用手机听歌、打电话和发信息都会使行人更少地注意交通环境，但发信息更可能导致碰撞事故的发生，而且即使没有碰撞，也留下了更短的安全间距，即行人通过二者交叉点后车辆在较短的时间到达。

研究者还对不安全行为中的“减少警戒行为”进行了更细致地分析。在对场景的观察行为方面，使用手机的行人更容易忽视场景中的重要对象。当行人使用手机时，看车时间更少(Hatfield & Murphy, 2007; 张存保 等, 2018)，看路面的时间和频率均会有一定程度的降低(Byington & Schwebel, 2013; Timmis et al., 2017; Yoshiki et al., 2017)，Pešić 等人(2016)指出，使用手机通话的行人在不看车方面，是普通行人的 5.4 倍，在不等车停下就开始过街方面，是普通行人的 3.4 倍。除了直接观察结果，任俊等人(2019)通过问卷调查了 1777 名高中或职高学生后发现，将近 50%的受访者表示，在道路交通环境中使用手机增加了不注意信号灯和交通环境等危险行为。另外，不安全行为的变化还存在个体和任务需求的差异。Hatfield 和 Murphy (2007)的研究表明女性在手机通话条件下会有更多的危险行为，总体表现为她们在使用手机过街前和过街时看车次数更少，同时更不倾向于等待车辆停止。另有研究指出，在负荷较低时行人对交通状况注意的行为水平并没有变化。当任务复杂度升高，行人每分钟对交通状况的观察次数才会减小(Stavrinos et al., 2011)。这可能是由于任务负荷量小的时候，行人会做出观察行为但是并没有捕获或加工到关键信息。当任务负荷量大时，行人已经不能维持原来的观察水平了。

3.2 手机分心降低行人过街效率

手机分心对行人的过街效率的影响，一方面是通过增加行人在过街前等待的时间。Byington 和 Schwebel (2013)模拟了大学生在使用手机回复电子邮件时的情景，他们发现分心组比未分心组过街前在路边等待时间会变长，行人从做出过街决策到实际出发的延迟也更久。与此类似，Neider 等人(2010)的研究发现了使用非手持设备打电话的行人，相较使用耳机听歌和无分心行为的行人，在路边等待的时间更长，30 秒内穿过街的成功率更低。另有 Walker 等人(2012)关于行人听音乐的研究指出，男性在听音乐的条件下，会比无分心条件下在路边观察时间更长，而女性在这两种条件下并没有显著差异。作者认为表面上听音乐增加了男性在路边的等待时间，实际上这并不代表男性在听音乐条件下会更谨慎。这可能是由于该研究中男性在听音乐时音量过大，导致他们不得不在路边等待更久，从而通过视觉通路补充交通信息。而女性听音乐时音量较低，她们更能听到环境音。不过女性在这两种条件下没有显著差异

与前文提到的 Hatfield 和 Murphy (2007)的研究结论有些出入。

另一方面，手机分心可能通过改变行人运动路线和速度降低其过街效率。Haga 等人(2015)在室内让被试在一个 3 m × 3 m 的正方形路径上行进，同时进行声音和图像的检测任务。结果表明，在使用手机编辑信息、看视频、玩游戏三种分心任务下行人均会产生路线偏移，且玩游戏的行人产生的路线偏移更多。Thompson 等人(2013)的研究发现，边发消息边过街的行人在过街时行走更慢，较未分心的行人会增加 18%的过街时长。不过，也有研究指出使用手机听音乐对行人过街产生的影响较小(Pešić et al., 2016)，甚至有研究发现行人在听音乐时过街速度反而会比无干扰过街时的速度平均快 0.5 s (Thompson et al., 2013)。这可能是由于听音乐并不会占用行人大量的认知资源，而音乐中的节拍则会改变行人的步态和速度，从而使行人过街速度得到提升(Styns et al., 2007)。

综合 3.1 和 3.2 可以看出，行人在分心状态下过街时，不仅导致了自身过街效率降低，而且还导致了更多的危险行为，甚至会造成事故的出现。其影响程度受到行人性别、使用手机的方式调控，但目前尚未发现行人年龄、行走经验、手机使用经验对行人使用手机过街有显著影响(Stavrinos et al., 2009; Stavrinos et al., 2011)。

4 手机分心对行人过街时信息加工和行为的影响

上文梳理了手机分心造成的直接后果，通常这些后果是早期信息加工受到影响导致的。下文将阐述手机分心对早期信息加工中行人的场景知觉、判断决策和运动控制这三部分造成的影响。

4.1 手机分心对行人场景知觉的影响

Feld 和 Plummer (2019)的眼动研究发现，无分心的行人走路时，视线关注远处的步行路径和周围环境。但当行人在使用手机进行信息操作和通话时，可能出现无意视盲现象：他们更少地注意到路边的其他行人(Jr Hyman et al., 2010)，看不到路边树上实验者事先放置好的纸币(Jr Hyman et al., 2014)，甚至注意不到路边吹喇叭的小丑(Chen et al., 2017)。

在行人进行视觉分心任务对场景知觉影响方面，行人发信息时对外界环境感知能力下降，视野和关注点都发生了变化(Feld & Plummer, 2019)。即使当行人使用手机发送简单的信息时，人们也会更依赖中心视野，对左右侧的环境关注更少(Jiang et al., 2018; Lin & Huang, 2017)。由于行人的注意力主要集中在手机上，几乎看不到走路的路径和周围环境(Feld & Plummer, 2019)，当行人进行信息操作时，视野损失率达到了约 50% (Lim et al., 2015)。同样地，在前文提到的 Haga 等人(2015)的研究中，行人使用手机编辑信息、看视频、玩游戏三种视觉任务都会使行人对声音和图像检测的反应时变长，且玩游戏和看视频使行人对声音和图像的检测成功率显著降低，这应该是因为在这 3 种视觉分心任务中，玩游戏占据的认知资源最多。最近 Courtemanche 等人(2019)的脑电研究指出，与无分心的行人相比，行人在使用手机打字时会更难判断迎面走来的点状人型动画的行进方向，同时 Alpha 波的证据表明，步行和打字之间注意的切换是由于任务定势抑制(Task Set Inhibition)导致的。这意味着行人在手机分心时的注意转移需求可能导致判断力下降，更容易造成道路交通安全事故的产生。

与视觉分心相似，相较于普通行人，当行人使用手机进行语音通话时，也会对周边场景分配更少的注意，相对注视点会减少、注视时长会变短(Jiang et al., 2018; Tapiro et al., 2016)。McCarley 等人(2004)通过变化检测范式的研究指出，手机通话会降低人们对复杂交通场景的变化检测成功率，并且指出当被试只倾听他人谈话时则没有上述效果[1]。这可能是因为被试自己进行语音交谈比倾听他人谈话占用了更多的认知资源。另有 Davis 和 Barton (2017)关于听觉探测的实验研究指出，手机分心会降低行人对车辆的探测率，能够探测的车辆距离也更短，且相对于行人使用手机打字和无任务，行人使用手机进行通话时影响最大，因为通话和基于声音探测车辆都需要处理声音信息。

在手机分心的场景下，当行人无法正确且高效地识别听觉和视觉线索时，就会造成在本文 3.1 中提到对注意对象的忽视行为。以上这些研究都

[1] 该研究并非专门研究行人变化检测的，其目的是探索更普遍的复杂交通情境中手机通话的干扰效应，被试进行变化检测的图片场景是驾驶员视角拍摄的，但其与行人过街场景具有相似性。

指向了一个结果，即当行人在过街时使用手机会导致其认知资源被占用，行人需要用更多的时间去接收整合外界环境的信息进行决策，从而导致行人错过更多的过街机会，延迟时间变长，过街前消耗的时间也会更长。

4.2 手机分心对行人过街机会判断和决策的影响

行人在对场景信息接收整合后，需要依据观察结果判断当前的风险水平，从而做出是否过街的决策。前文已经提到，使用手机的行人会更多地出现违规行为，这暗示着他们的早期决策更冒险。在无信号灯或者决定违规情况下，行人的决策遵循间隔接受理论的假设(Brewer et al., 2006)。间隔接受理论假设行人将车辆到达时间(Time to arrival, TTA)和过街所需时间(Crossing time, CT)之差大于或等于行人内部安全标准时行人才选择过街，否则选择等待，行人内部的安全标准被称为关键间隔。考虑到被试的安全问题，这一领域的研究多在模拟场景中进行。许多研究发现行人使用手机过街时关键间隔会受到影响。当行人使用手机通话的同时过街时，不论是儿童(Stavrinos et al., 2009)、成人(Tapiro et al., 2016)或是老年人(Murray, 2006)，关键间隔都会较不使用手机时更小，这说明使用手机的行人会比未被分心的行人承受更高的风险。不仅如此，所有年龄段的行人在使用手机通话过街时还会错失更多的可过间隔，这解释了前文提到的行人会在马路边停留更久，过街启动延迟更长(Byington & Schwebel, 2013; Stavrinos et al., 2011; Tapiro et al., 2016)，使用手机上网回答问题的行人也会出现同样的情况(Byington & Schwebel, 2013)。对于使用手机听歌的行人，Neider 等人(2010)指出其等待时间、过街成功率和碰撞率与没有分心的行人表现没有差异，但 Schwebel 等人(2012)的结果则指出使用手机听歌虽然不会让行人错失更多的可过间隔，但是会造成较高的碰撞率，即行人做出了更多的错误决策。值得注意的是这两个研究结果均是在虚拟现实场景下完成，有可能是因为场景模拟问题导致了不同结果，也有可能是因为播放设备音量不一导致的差异。以上均为视觉画面和听觉信息均可用的场景下完成的研究，当只有听觉信息可用时，情况有所不同。在 Davis 和 Barton (2017)关于听觉探测的研究中，当行人只通过听觉刺激判断关键间隔时，同无分心相比，通话和打字的行人对于来车的声音并没有做出更为危险的判断。可能的解释是，由于听觉具有迫听性，在完全没有视觉刺激的情况下，行人不会轻易地将注意从检测车辆任务中转移，所以当车辆到达行人的关键间隔时，行人依然可以正确判断。

4.3 手机分心对行人运动控制的影响

手机分心对行人运动控制影响的研究较多，集中在姿势控制领域。与之前的研究不同，这个领域的研究者并不关注道路交通场景下的过街(Crossing)，其主要关注点是步行时(Walking)使用手机可能导致的跌倒事故。因此，恰好能越过早期过街决策的过程，只反映行人使用手机对步行运动控制的影响。总体看，行人在行走时身体处于持续不平衡的状态，为了防止跌倒或步态失衡，需要不断控制身体的重心和动量，整体运动状态会因为使用手机而产生相应调整。在看信息时，行人会因注意力下降而产生适应性步态(Licence et al., 2015)，同时步态模式会更保守(Magnani et al., 2017)。主要表现为前进中的抬脚速度更慢、双脚交替速度更慢、步长变短和足部动作横向偏移。这些效应可能受到行人年龄、使用手机的方式等因素调节。例如，Yoshiki 等人(2017)的研究表明随着人流量增加，使用手机上网或是发信息的行人横向和纵向的加速度变化更大，这一现象在老年组更明显(Prupetkaew et al., 2018)。在使用手机方式上，行人输入信息时会比阅读信息时步伐更慢(Plummer et al., 2015)。与收发信息相比，手机通话则对步态的影响较小(Lamberg & Muratori, 2012)。最近 Tian 等人(2018)的研究指出，行人发信息行进时，自身的步速和步幅长度都会显著减小，跨步时间及其变异性都会显著增加。其中，认知负荷对上述过程影响最大，动作复杂度其次，信息的视觉分心任务影响最小。

行人使用手机通话和发信息还会降低动作稳定性(Licence et al., 2015)。Schabrun 等人(2014)的研究指出，行人在使用手机阅读或发信息时，头部保持弯曲姿势，上胸和头部的同向运动较多，且运动联系更紧密。为了减少手机和头部的相对运动，手臂也会随头部和胸部一起运动，这会导致头部整体运动较多，从而使身体的平衡性降低(Schabrun et al., 2014)。另外，Marone 等人(2014)的研究发现对于在发信息方面有经验的行人，平面动作稳定性受动作需求影响，而不会受到认知

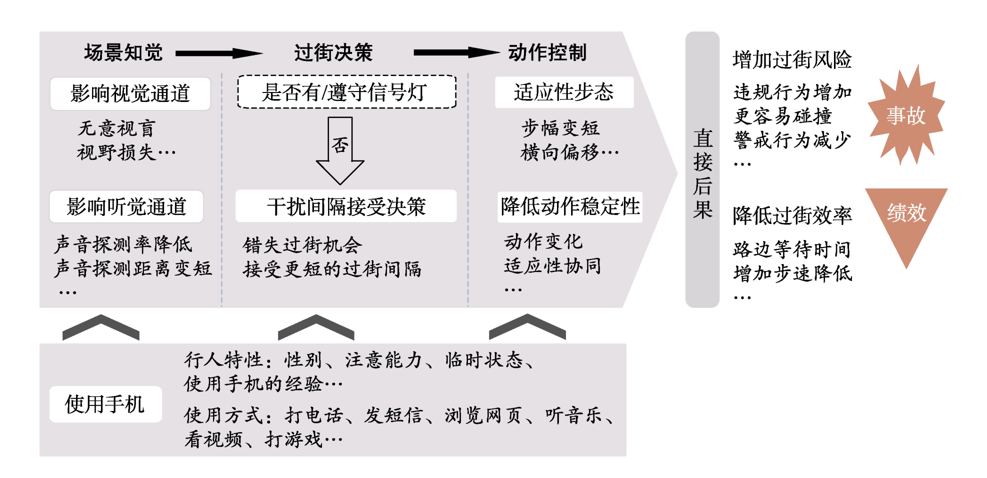


图 2　手机分心对行人过街信息加工和行为干扰的概念模型

负荷影响。即，输入信息对动作稳定性的影响，主要是输入时需要更多的手部动作，而不是为发送信息而进行的复杂信息加工造成的认知负荷。总之，行人在使用手机行进时，步态和动作稳定性都会受到影响，这些影响可能导致了上文中提到的过街时间延长，过街路线偏差等问题。

5　手机分心对行人过街信息加工和行为干扰的概念模型

从上文的综述可以发现，过街时使用手机主要影响行人的场景知觉、过街决策和运动控制三个方面，从而导致了行人在过街时效率降低、风险增加。因此，本文整合了前文中梳理的文献，同时在行人过街的信息加工过程的概念模型(苑红伟, 肖贵平, 2008)和行人过街的认知心理模型(吴昌旭　等, 2013)的基础上，重新梳理框架并加入了手机分心的内容，总结了手机分心对行人过街信息加工和行为干扰的概念模型(图 2)。

如概念模型(图 2)所示，在过街时，行人首先在注意资源的参与下进行早期交通场景知觉，场景知觉的线索来自视觉和听觉通道的整合。其次，行人基于知觉到的信息对过街安全性进行判断，并做出决策(如是否闯红灯，何时开始过街)。然后，行人执行做出的决策，其运动控制通过步态、步速和躯体稳定性体现出来。最后，执行的直接后果表现在行人的过街风险行为和过街效率上。在上述过程中，手机分心可能影响每一个过程，且影响程度受到行人特征和使用手机方式的调控。在场景知觉方面，使用手机的行人注意范围更狭窄，对外周视野分配更少的注意，因此更难察觉到场景中的视觉和听觉线索。在过街决策方面，因为注意能力下降和双任务的作用，使用手机会使行人更容易错过过街机会或做出有风险的决策。在运动控制方面，使用手机会使行人步态改变，动作稳定性降低。综合所述，相对于无分心的情况，行人过街时使用手机导致过街效率降低，危险行为相对增加、最终导致交通事故的发生。

6　未来研究展望

综合手机分心对行人过街信息加工和行为干扰的概念模型和前人文献的分析可以得知：当前，在整个手机分心对行人过街信息加工过程三个方面的影响中，手机分心对行人的视觉通道场景知觉以及对行人的运动控制的影响受到了大量学者的关注，但是在其他方面该领域还存在如下不足。

第一，在场景知觉过程，手机的核心作用，即通话可能会对行人听觉通道的信息加工造成干扰，但是从图 1 中我们可以发现目前针对听觉方面影响的评估较少，主要集中在视觉部分。听觉是行人获取外界交通信息的另一重要通路，外界的车辆运动噪声、鸣笛声会提醒行人探知到看不见的风险。未来可探讨手机的使用是如何影响行人听觉信息获取的。

第二，在过街决策阶段，针对手机分心对行人间隔接受行为的研究只停留在行人间隔接受判断阶段，但实际上行人判断安全间隔还有许多子过程。行人在判断安全间隔时必须考虑车辆到达时间、自己过街所需时间以及行人为自己决策、

启动、预防意外预留一定安全间距(Roper & Hassan, 2014)。这三个变量都是行人的心理变量, 可能无法准确地反映现实, 从而导致决策错误。使用手机很可能通过占用注意资源的方式干扰以上子过程的线索获取或其内部的计算过程。未来可针对行人在过街时使用手机是如何影响以上三个子过程进行深入研究, 以有针对性地设计干预策略。

第三, 虽然研究者已经发现不同的使用手机方式对行人过街产生的影响可能不同, 但大多研究只针对手机通话、收发信息、听音乐三种方式。随着移动网络速度加快、移动流量套餐优化和智能手机硬件的迭代更新, 行人在交通环境中使用手机完成的任务种类更多, 甚至可以在过街时使用智能手机打游戏、看视频, 这有可能占用更大的认知资源。未来研究可以对这些新兴方式给予更多关注。另外, 分心方式之间的差别实际是由其占用的个体资源类型和程度决定的。因此, 有必要选择有代表性的分心内容对其分心程度进行标定, 以利于跨研究的结果对比和综合。

最后, 目前研究的结论离提高行人交通安全的实践需求还有距离。一方面是因为当前研究大多采用观察法和虚拟场景实验。观察法会使变量无法得到有效控制, 研究结果过于表面不能深入探究内部机制。实验室实验则达不到很高的生态效度, 有时被试会在虚拟环境中做出更多的风险行为(Neider et al., 2010)。未来可在控制风险的条件下采用现场研究。例如在现场研究时, 可以在交通流量较少的路段由主试跟随使用手机的被试, 方便及时干预, 确保其安全。另一方面, 正如本文的主题一样, 现有的研究仅仅停留在评估手机分心对行人信息加工和行为的影响, 这是这一领域的早期基础工作, 未来研究也应关注如何基于这些初步结果设计并评估行人分心过街安全的干预措施, 以降低行人过街风险。

致谢: 感谢陕西师范大学心理学院赵晶晶教授和匿名审稿人为本文提供的修改建议。

参考文献

任俊, 叶周丰, 李粉粉, 薛城, 王书梅. (2019). 上海市普通高中和职业高中学生步行手机使用情况比较. *中国学校卫生, 40*(11), 1650–1653.

吴昌旭, 马舒, 庄想灵. (2013). 行人过街的认知心理过程和模型. *心理科学进展, 21*(7), 1141–1149.

苑红伟, 肖贵平. (2008). 基于交通心理的行人不安全行为研究. *中国安全科学学报, 18*(1), 20–26.

张存保, 陈峰, 韦媛媛, 张华龙. (2018). 无信号控制路段手机对行人过街行为和安全的影响. *交通运输系统工程与信息, 18*(2), 136–141.

张存保, 韦媛媛, 陈峰. (2019). 信号交叉口行人使用手机对其过街行为和安全的影响 *交通信息与安全, 37*(1), 20–34.

朱鹏, 常若松. (2018). 行人使用手机对过街行为的分心干扰. *人类工效学, 24*(3), 82–86.

Basch, C. H., Ethan, D., Zybert, P., & Basch, C. E. (2015). Pedestrian behavior at five dangerous and busy Manhattan intersections. *Journal of Community Health, 40*(4), 789–792.

Brewer, M. A., Fitzpatrick, K., Whitacre, J. A., & Lord, D. (2006). Exploration of pedestrian gap-acceptance behavior at selected locations. *Transportation Research Record, 1982*(1), 132–140.

Byington, K. W., & Schwebel, D. C. (2013). Effects of mobile Internet use on college student pedestrian injury risk. *Accident Analysis and Prevention, 51*, 78–83.

Chen, P.-L., Saleh, W., & Pai, C.-W. (2017). Texting and walking: A controlled field study of crossing behaviours and inattentional blindness in Taiwan. *Behaviour & Information Technology, 36*(4), 435–445.

Courtemanche, F., Labonte-LeMoyne, E., Leger, P., Fredette, M., Senecal, S., Cameron, A., … Bellavance, F. (2019). Texting while walking: An expensive switch cost. *Accident Analysis and Prevention, 127*, 1–8.

Davis, S. J., & Barton, B. K. (2017). Effects of secondary tasks on auditory detection and crossing thresholds in relation to approaching vehicle noises. *Accident Analysis and Prevention, 98*, 287–294.

Feld, J. A., & Plummer, P. (2019). Visual scanning behavior during distracted walking in healthy young adults. *Gait & Posture, 67*, 219–223.

Haga, S., Sano, A., Sekine, Y., Sato, H., Yamaguchi, S., & Masuda, K. (2015). Effects of using a smart phone on pedestrians' attention and walking. *Procedia Manufacturing, 3*, 2574–2580.

Hatfield, J., & Murphy, S. (2007). The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at signalised and unsignalised intersections. *Accident Analysis and Prevention, 39*(1), 197–205.

Jiang, K., Ling, F., Feng, Z., Ma, C., Kumfer, W., Shao, C., & Wang, K. (2018). Effects of mobile phone distraction on pedestrians' crossing behavior and visual attention allocation at a signalized intersection: An outdoor experimental study. *Accident Analysis and Prevention, 115*,

170–177.

Jiang, K., Ling, F., Feng, Z., Wang, K., & Guo, L. (2017). Psychological predictors of mobile phone use while crossing the street among college students: An application of the theory of planned behavior. *Traffic Injury Prevention, 18*(2), 118–123.

Jr Hyman, I. E., Boss, S. M., Wise, B. M., McKenzie, K. E., & Caggiano, J. M. (2010). Did you see the unicycling clown? Inattentional blindness while walking and talking on a cell phone. *Applied Cognitive Psychology, 24*(5), 597–607.

Jr Hyman, I. E., Sarb, B. A., & Wise-Swanson, B. M. (2014). Failure to see money on a tree: inattentional blindness for objects that guided behavior. *Frontiers in Psychology, 5*, 356.

Lamberg, E. M., & Muratori, L. M. (2012). Cell phones change the way we walk. *Gait & Posture, 35*(4), 688–690.

Lennon, A., Oviedo-Trespalacios, O., & Matthews, S. (2017). Pedestrian self-reported use of smart phones: Positive attitudes and high exposure influence intentions to cross the road while distracted. *Accident Analysis and Prevention, 98*, 338–347.

Licence, S., Smith, R., McGuigan, M. P., & Earnest, C. P. (2015). Gait pattern alterations during walking, texting and walking and texting during cognitively distractive tasks while negotiating common pedestrian obstacles. *PLoS ONE, 10*(7), 11.

Lim, J., Amado, A., Sheehan, L., & van Emmerik, R. E. A. (2015). Dual task interference during walking: The effects of texting on situational awareness and gait stability. *Gait & Posture, 42*(4), 466–471.

Lin, M. B., & Huang, Y.-P. (2017). The impact of walking while using a smartphone on pedestrians' awareness of roadside events. *Accident Analysis and Prevention, 101*, 87–96.

Magnani, R. M., Lehnen, G. C., Rodrigues, F. B., de Sá e Souza, G. S., de Oliveira Andrade, A., & Vieira, M. F. (2017). Local dynamic stability and gait variability during attentional tasks in young adults. *Gait & Posture, 55*, 105–108.

Marone, J. R., Patel, P. B., Hurt, C. P., & Grabiner, M. D. (2014). Frontal plane margin of stability is increased during texting while walking. *Gait & Posture, 40*(1), 243–246.

McCarley, J. S., Vais, M. J., Pringle, H., Kramer, A. F., Irwin, D. E., & Strayer, D. L. (2004). Conversation disrupts change detection in complex traffic scenes. *Human Factors, 46*(3), 424–436.

Murray, S. J. (2006). *The effects of simulated cellular phone conversation on road-crossing safety* (Unpublished doctorial dissertation). University of Canterbury.

Nasar, J. L., & Troyer, D. (2013). Pedestrian injuries due to mobile phone use in public places. *Accident Analysis and Prevention, 57*(1), 91–95.

Neider, M. B., McCarley, J. S., Crowell, J. A., Kaczmarski, H., & Kramer, A. F. (2010). Pedestrians, vehicles, and cell phones. *Accident Analysis and Prevention, 42*(2), 589–594.

Pešić, D., Antić, B., Glavić, D., & Milenković, M. (2016). The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at unsignalized intersections - Models for predicting unsafe pedestrians behaviour. *Safety Science, 82*, 1–8.

Plummer, P., Apple, S., Dowd, C., & Keith, E. (2015). Texting and walking: Effect of environmental setting and task prioritization on dual-task interference in healthy young adults. *Gait & Posture, 41*(1), 46–51.

Prupetkaew, P., Lugade, V., Kamnardsiri, T., & Silsupadol, P. (2018). Cognitive and visual demands, but not gross motor demand, of concurrent smartphone use affect laboratory and free-living gait among young and older adults. *Gait & Posture, 68*, 30–36.

Roper, J. A. M., & Hassan, S. E. (2014). How do vision and hearing impact pedestrian time-to-arrival judgments? *Optometry Vision Science, 91*(3), 303–311.

Saltos, A., Smith, D., Schreiber, K., Lichenstein, S., & Lichenstein, R. (2015). Cell-phone related injuries in the united states from 2000–2012. *Journal of Safety Studies, 1*(1).

Schabrun, S. M., van den Hoorn, W., Moorcroft, A., Greenland, C., & Hodges, P. W. (2014). Texting and walking: Strategies for postural control and implications for safety. *PLoS ONE, 9*(1), 8.

Schwebel, D. C., Stavrinos, D., Byington, K. W., Davis, T., O'Neal, E. E., & de Jong, D. (2012). Distraction and pedestrian safety: How talking on the phone, texting, and listening to music impact crossing the street. *Accident Analysis and Prevention, 45*, 266–271.

Stavrinos, D., Byington, K. W., & Schwebel, D. C. (2009). Effect of cell phone distraction on pediatric pedestrian injury risk. *Pediatrics, 123*(2), e179–e185.

Stavrinos, D., Byington, K. W., & Schwebel, D. C. (2011). Distracted walking: cell phones increase injury risk for college pedestrians. *Journal of Safety Research, 42*(2), 101–107.

Styns, F., van Noorden, L., Moelants, D., & Leman, M. (2007). Walking on music. *Human Movement Science, 26*(5), 769–785.

Tapiro, H., Oron-Gilad, T., & Parmet, Y. (2016). Cell phone conversations and child pedestrian's crossing behavior; a simulator study. *Safety Science, 89*, 36–44.

Thompson, L. L., Rivara, F. P., Ayyagari, R. C., & Ebel, B. E.

(2013). Impact of social and technological distraction on pedestrian crossing behaviour: an observational study. *Injury Prevention, 19*(4), 232–237.

Tian, Y., Huang, Y., He, J., & Wei, K. (2018). What affects gait performance during walking while texting? A comparison of motor, visual and cognitive factors. *Ergonomics*, *61*(11), 1507–1518

Timmis, M. A., Bijl, H., Turner, K., Basevitch, I., Taylor, M. J. D., & van Paridon, K. N. (2017). The impact of mobile phone use on where we look and how we walk when negotiating floor based obstacles. *PLoS ONE, 12*(6): e0179802

Walker, E. J., Lanthier, S. N., Risko, E. F., & Kingstone, A. (2012). The effects of personal music devices on pedestrian behaviour. *Safety Science, 50*(1), 123–128.

Wickens, C., Lee, J., Liu, Y., & Becker, S. (2004). *An introduction to human factors engineering.* Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc.

Yoshiki, S., Tatsumi, H., Tsutsumi, K., Miyazaki, T., & Fujiki, T. (2017). Effects of smartphone use on behavior while walking. *Urban and Regional Planning Review, 4*, 138–150.

The effect of cell phone distraction on pedestrians' information processing and behavior during road crossing

WANG Yuhan, MA Guojie, ZHUANG Xiangling

(*Shaanxi Key Laboratory of Behavior and Cognitive Neuroscience, School of Psychology, Shaanxi Normal University, Xi'an* 710062, *China*)

Abstract: The proportion of pedestrian casualties caused by using mobile phones during road crossing keeps increasing. The distraction from mobile phone affects both pedestrian's information processing and behavior. Compared with non-distracted pedestrians, pedestrians using cellphones have narrower scope of attention (esp. in the peripheral visual field), making them more difficult to perceive visual and auditory cues in traffic scenes. They are also more likely to miss street crossing opportunities or make risky decisions. As for the motor control ability, using cellphones can also lead to altered gait patterns and declined action stability. Although these impairments are modulated by specific task types (e.g. conversing vs. browsing), converging evidence suggests that distractions from mobile phones generally increase risks for pedestrians during road crossing. Here, a conceptual model is proposed to incorporate the effects of mobile phone distraction on pedestrians' information processing and behavior. This conceptual model also indicates that future research might be required to further evaluate how mobile phone distraction affects pedestrian's auditory information perception and subprocesses within the gap acceptance decision-making to develop targeted interventions.

Key words: information processing, distraction, mobile phones, pedestrian, transportation safety

附录:

表 1　手机分心对行人过街影响的相关文献及其核心研究变量

研究	直接后果												场景知觉							决策	运动控制				
	闯红灯	走人行道不规范	碰撞或几乎碰撞[1]	人车冲突[2]	不等车停下就走	剩余安全时间[3]	过街前瞭望	过街时瞭望	过街前停下或减速	过街启动时间[4]	过街前等待时间	过街时间	变化视盲	视觉刺激反应时	视觉刺激判断	视觉注视指标	变化听盲	听觉刺激反应时	听觉线索探测	过街机会决策	避障	步态	动作稳定性	走路速度	路线偏移
Chen et al., 2017	•						•					•	•				•								
Thompson et al., 2013	•	•					•					•													
张存保 等, 2019	•						•					•													
Hatfield & Murphy, 2007		•		•			•	•			•	•													
Pešić et al., 2016		•			•		•	•																	
Byington et al., 2013			•				•			•	•					•				•					
Murray, 2006			•			•														•				•	
Neider et al., 2010			•								•	•								•					
Schwebel et al., 2012			•				•				•									•					
Stavrinos et al., 2009			•			•	•			•															
Stavrinos et al., 2011			•				•				•									•					
张存保 等, 2018				•			•					•													
Tapiro et al., 2016						•										•				•					
Jiang et al., 2018							•				•	•				•									
Walker et al., 2012							•		•																
Jr Hyman et al., 2010													•											•	
Jr Hyman et al., 2014													•								•				
McCarley et al., 2004													•												
Haga et al., 2015														•				•							•

续表

研究	直接后果												场景知觉							决策	运动控制				
	闯红灯	走人行道不规范	碰撞或几乎碰撞[1]	人车冲突[2]	不等车停下就走	剩余安全时间[3]	过街前瞭望	过街时瞭望	过街前停下或减速	过街启动时间[4]	过街前等待时间	过街时间	变化视盲	视觉刺激反应时	视觉刺激判断	视觉注视指标	变化听盲	听觉刺激反应时	听觉线索探测	过街机会决策	避障	步态	动作稳定性	走路速度	路线偏移
Courtemanche et al., 2019															•										
Feld & Plummer. 2019																•								•	
Lim et al., 2015																•						•			
Lin & Huang, 2017																•									
Timmis et al., 2017																•					•	•			
Yoshiki et al., 2017																•								•	
Davis & Barton, 2017																			•	•					
Licence et al., 2015																					•	•	•		
Lamberg & Muratori, 2012																						•			
Magnani et al., 2017																						•			
Plummer et al., 2015																						•			
Prupetkaew et al., 2018																						•			
Tian et al., 2018																						•			
Marone et al., 2014																							•		
Schabrun et al., . 2014																							•		
关注该因变量的研究总计(篇)	3	3	6	2	1	3	12	2	1	2	6	7	4	1	1	8	1	1	1	7	3	8	3	4	1

注：1. 碰撞或几乎碰撞是指在实验室虚拟环境中行人与车辆发生“碰撞” (Crash)或“几乎碰撞” (Near miss)。
2. 人车冲突是指实验者观察到真实道路场景中行人与车辆发生冲突(Conflict)。
3. 剩余安全时间(Remaining time)是指在实验室虚拟环境中行人安全过街后到车辆到达行人过街路线的时间
4. 过街启动时间(Start up time)是指行人在做出过街决策后到开始运动之间的时间，与过街前等待时间有所区分。